

Annexe 1 : Notions de base pour l'utilisation de Simulink avec l'USRP

Simulink permet de simuler des systèmes à temps discret ou à temps continu. Dans notre cas, nous travaillerons uniquement en temps discret, parfois en simulation, parfois en faisant entrer (ou sortir) les signaux, vers (ou depuis) l'USRP.

Un signal à temps discret est calculé tous les multiples d'une période d'échantillonnage T_e :

$$x(t) = x(nT_e)$$

En général, $x(nT_e)$ est simplement noté $x(n)$.

Pour définir une source à temps discret, il suffit en général de préciser dans les propriétés le *sample time*, c'est-à-dire la période d'échantillonnage T_e . Le *sample rate* est la fréquence d'échantillonnage, c'est-à-dire l'inverse du sample time.

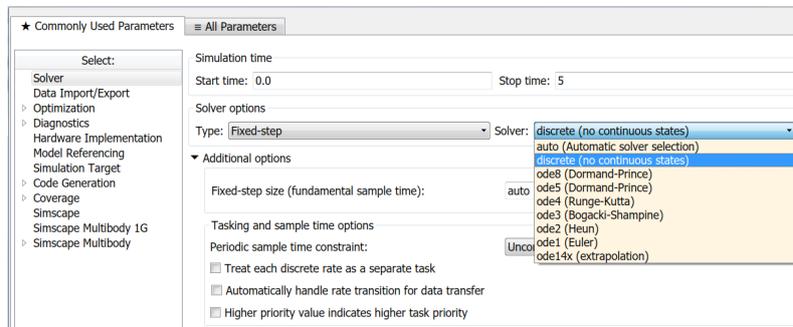
La sortie d'un bloc Simulink est mise à jour à chaque sample time ; la plupart des blocs autres que les sources *héritent* leur sample time du bloc situé en amont, ce qu'on indique en donnant dans les propriétés du bloc un sample time de -1. Noter qu'un sample time de 0 définit un système à temps continu.

Le pas de simulation (simulation step), c'est-à-dire le temps entre deux instants de calcul, est appelée *step size*. Pour un système à temps discret, avec un seul sample rate, le step size doit naturellement être configuré pour être égal au sample time.

Un modèle contenant plusieurs valeurs de sample rate est appelé *multirate system*.

On peut voir très rapidement les sample times d'un modèle en allant dans **Display > Sample Time > All**. Les blocs et les fils du modèle sont alors colorés, en fonction du sample time. La légende est accessible depuis le même menu, ou avec CTRL+E+J.

Le *solver* est le moteur de Simulink qui compile et exécute votre modèle. On accède aux réglages du solver à partir du menu **Simulation > Model Configuration Parameters**, ou par CTRL+E.



Il y a deux types de solvers : **Fixed-Step** et **Variable-Step**. Dans le premier cas, le pas de simulation sera fixe ; dans le second, il pourra varier en fonction de la dynamique du système (plus long si le signaux évoluent lentement, plus courts s'ils évoluent vite). Quand on utilise l'USRP, le système est forcément à temps discret : choisir **Fixed Step**. En simulation, on peut utiliser l'un ou l'autre, selon ce qu'on désire simuler.

Les solvers à pas de simulation fixe se répartissent ensuite en deux catégories : à *états discrets* et à *états continus*. Dans le cas de systèmes discrets, on choisira le solver à états discrets, comme dans la capture ci-dessus.

Le paramètre `Fixed-step size (fundamental sample time)` peut être laissé sur `auto`. Quand on utilise un système à temps discret avec un seul sample rate, il sera égal au sample time. Lorsqu'on utilise un système multirate, le step size sera choisi égal au plus grand diviseur commun des sample times (la division de chaque sample time par le step size doit donner un résultat entier). Par exemple, si l'on a deux sample times, l'un de 2 ms et l'autre de 4 ms, le step size sera de 2 ms.

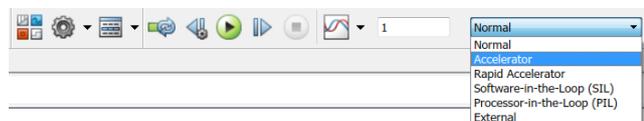
Un dernier paramètre du solver est à connaître : le paramètre `Treat each discrete rate as a separate task`. Lorsqu'il y a dans le modèle plusieurs sample rates (système multirate) :

- si on laisse le paramètre décoché (single-tasking operation), le traitement de tous les blocs se fera dans la même tâche, quel que soit leur sample time ;
- si on le coche, Simulink traite tous les blocs fonctionnant à un sample rate donné comme une tâche séparée (multitasking operation). La tâche correspondant au sample time le plus faible possède la plus haute priorité et est exécutée en premier ; elle peut par ailleurs interrompre les autres tâches si celles-ci n'ont pu se terminer. **Ceci permet en général d'accélérer l'exécution du modèle.** Il y a tout de même des inconvénients en simulation, par exemple lors de l'utilisation de scopes dont les entrées ont des sample rate distincts.

Pour conclure : en simulation, on préférera laisser ce paramètre décoché ; on le cochera lorsque l'USRP sera utilisée.

De manière générale, il est important qu'un modèle Simulink alimentant en échantillons une USRP (ou recevant des échantillons de l'USRP) s'exécute aussi vite que possible, sans quoi l'USRP risque d'attendre des échantillons qui n'arrivent jamais, en émission ; ou alors le modèle ne pourra traiter tous les échantillons qui lui seront fournis, en réception. Pour cela, deux techniques principales :

1. l'utilisation de code *compilé*. Simulink utilise par défaut du code *interprété* à la volée lors de l'exécution. Or certaines portions du schéma peuvent donner lieu à une compilation préalable à l'exécution. Pour dire à Simulink de compiler autant de portions du modèle que possible, sélectionner le mode `Accelerator` :



2. l'utilisation de blocs `Buffer`. Dans un tel bloc, N échantillons entrants en série au rythme d'un tous les T_s sortent en parallèle, sous forme de *frame*, et la sortie ne change que tous les $N \times T_s$.

Quelques raccourcis utiles, pour finir :

- `CTRL+E` : accès aux réglages du solver
- `CTRL+J` : affichage de la légende des couleurs associées aux sample times
- `CTRL+D` : Update Diagram (utile avec l'USRP pour vérifier s'il y a des erreurs avant de faire Run)
- `CTRL+Shift+L` : ouvrir le library browser